



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**04.03.1998 Bulletin 1998/10**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **G01C 23/00**

(21) Numéro de dépôt: **97401989.5**

(22) Date de dépôt: **26.08.1997**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
 NL PT SE**

(30) Priorité: **30.08.1996 FR 9610621**

(71) Demandeur: **SEXTANT AVIONIQUE (Société  
 Anonyme)**  
**78141 Velizy Villacoublay (FR)**

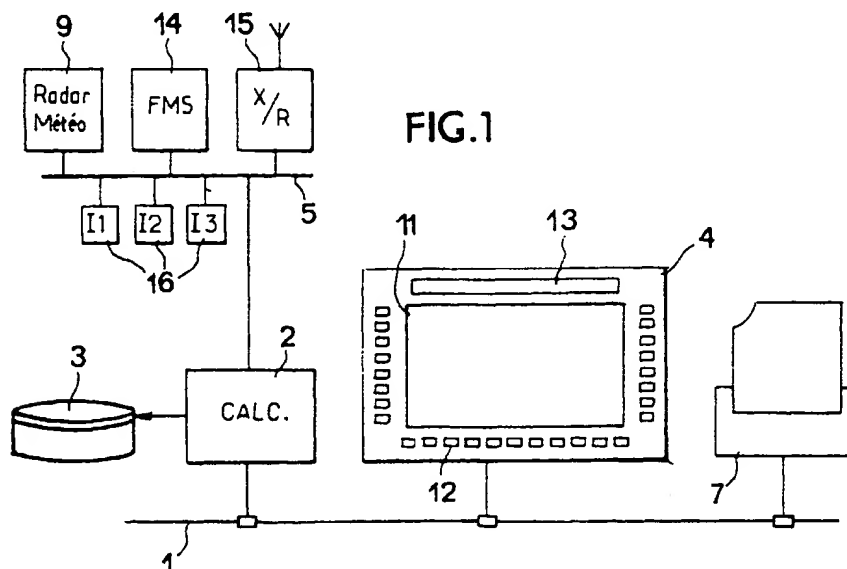
(72) Inventeurs:  
 • **Deker, Guy**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**  
 • **Bomans, Muriel**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Guérin, Michel et al**  
**THOMSON-CSF-S.C.P.I.,**  
**13, Avenue du Président**  
**Salvador Allende**  
**94117 Arcueil Cédex (FR)**

(54) **Procédé d'assistance au pilotage d'un aérodyne**

(57) Le procédé selon l'invention est mis en oeuvre par un système embarqué à bord d'un aérodyne comprenant un processeur (2), un terminal (4), et des mémoires (3) où sont stockées toutes les informations utiles à la conduite d'un vol, le système étant connecté aux autres équipements électroniques (9, 14, 15, 16) embarqués. Pour déterminer un nouveau plan de vol répondant à une situation nouvelle engendrée par un événement, il comprend: l'interprétation de l'événement

pour déterminer les actions correctives à entreprendre, compte tenu du contexte dans lequel se trouve l'aérodyne, l'analyse des possibilités de reconfiguration du plan de vol, qui correspondent aux actions correctives, en fonction de critères prédéterminés et modifiables, la sélection des plans de vol solutions qui satisfont aux critères prédéterminés et leur présentation en association avec les paramètres significatifs qui ont motivé leur sélection.



## Description

La présente invention concerne un procédé d'assistance au pilotage d'un aérodyne destiné plus particulièrement à faciliter les tâches du pilote, notamment en ce qui concerne le choix d'un plan de vol de déroutement.

Elle s'applique notamment, mais non exclusivement, à l'aviation civile et commerciale où, pour faire face à l'accroissement important du trafic aérien, tout en améliorant le niveau de sécurité, de nombreuses contraintes pèsent sur le pilote qui doit prendre en compte un volume important d'informations avant de prendre une décision, par exemple pour élaborer et choisir un nouveau plan de vol qui s'impose à la suite d'un événement non prévu.

On a déjà proposé des procédés d'assistance au pilotage qui facilitent l'accès aux différentes informations nécessaires au pilotage d'un aérodyne en exploitation commerciale. Toutefois, ces différents procédés n'ont pas été conçus dans une optique d'aide à la décision.

On a proposé par ailleurs des systèmes d'aide à la décision qui permettent d'élaborer une ou plusieurs solutions à un problème en calculant un grand nombre de solutions et en effectuant une sélection en fonction d'un ou plusieurs critères particuliers prédéterminés. Cependant, la solution identifiée par le système comme étant la meilleure ne correspond pas forcément au meilleur choix possible, et dans le contexte de l'aviation civile, le pilote doit pouvoir sélectionner lui-même en toute connaissance de cause la solution qui sera finalement suivie.

La présente invention a pour but de supprimer ces inconvénients et d'améliorer l'ergonomie de l'interface homme / machine. A cet effet, elle propose un procédé d'assistance au pilotage d'un aérodyne mis en oeuvre par un système comprenant un processeur, au moins un terminal de communication homme/machine comportant un écran de visualisation et un organe de commande et de saisie, et des mémoires où sont stockées notamment toutes les informations utiles à la conduite d'un vol, le système étant connecté aux autres équipements électroniques embarqués à bord de l'aérodyne.

Selon l'invention, ce procédé est caractérisé en ce que, pour déterminer un nouveau plan de vol pour répondre à une situation nouvelle engendrée par un événement perturbateur, il comprend les étapes suivantes :

- la surveillance du contexte dans lequel se trouve l'aérodyne et l'interprétation de l'événement pour déterminer les éventuelles actions correctives à entreprendre,
- l'analyse des possibilités de reconfiguration du plan de vol, qui correspondent aux actions correctives déterminées à l'étape précédente, en fonction d'un ensemble de critères prédéterminés et modifiables par le pilote,

- l'élaboration des plans de vol solutions qui satisfont aux critères prédéterminés, et

- 5 - la présentation au pilote de ces plans de vol, en association avec les paramètres significatifs qui ont motivé leur élaboration.

Selon l'invention, les éventuelles actions correctives sont déterminées en fonction de l'événement et compte tenu du contexte dans lequel se trouve l'aérodyne.

Grâce à ces dispositions, le pilote peut déterminer pourquoi un plan de vol a été sélectionné par le système en tant que solution au problème particulier qui se pose du fait de l'arrivée de l'événement. Il peut donc choisir en toute connaissance de cause le plan de vol qui lui semble le mieux convenir à la situation rencontrée.

Plus précisément, le procédé est caractérisé par le fait que les étapes suivantes sont effectuées :

- réception par le processeur d'une information signalant l'événement perturbateur,
- détermination par le processeur d'une action corrective,
- 25 - affichage sur l'écran de visualisation de l'action corrective à entreprendre,
- calcul par le processeur des plans de vol solution correspondant à l'action corrective et répondant à un ensemble de critères prédéterminés et modifiables par le pilote, le calcul étant effectué à partir d'une base de données de navigation contenue dans les mémoires et des données fournies par les équipements embarqués,
- 30 - affichage sur l'écran de visualisation d'une carte de navigation,
- 35 - affichage sur la carte de navigation des plans de vol solution en association avec les critères qui ont motivé leur sélection en tant que solution,
- 40 - affichage sur demande d'informations détaillées d'un plan de vol désigné par le pilote parmi les plans de vol solution affichés sur la carte de navigation de l'écran de visualisation.

Les différentes actions correctives à effectuer à la suite de l'arrivée de l'événement perturbateur consistent en un déroutement (modification de l'aéroport de destination), une modification du plan de vol latéral, ou une modification du plan de vol vertical, l'événement correspondant à la détection d'un phénomène météorologique dangereux, ou d'une panne grave de l'aérodyne, ou encore d'un problème au niveau de l'aéroport de destination, du contrôle aérien, ou des passagers de l'aérodyne.

Dans le cas d'événements perturbateurs multiples, les actions correctives sont déterminées et traitées par ordre de priorité.

Avantageusement, le procédé comprend en outre la présentation au pilote du point limite du plan de vol

actif pour activer le nouveau plan de vol, ainsi que du temps et de la distance jusqu'à ce point.

Selon une particularité de l'invention, le procédé comprend l'affichage des raisons pour lesquelles un plan de vol désigné préalablement par le pilote a été sélectionné en tant que solution, il comprend aussi l'affichage des raisons pour lesquelles un aéroport désigné préalablement a, ou n'a pas été sélectionné en tant que solution.

Selon une autre particularité de l'invention, le procédé comprend la présentation détaillée selon un second niveau de toutes les données prises en compte par le système pour l'examen de chaque solution.

Selon une autre particularité de l'invention, chaque plan de vol solution d'un détournement est calculé en utilisant les segments de routes aériennes et en tenant compte des procédures d'approche et d'arrivée sur l'aéroport de détournement correspondant.

Un mode de réalisation du dispositif selon l'invention sera décrit ci-après, à titre d'exemple non limitatif, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 représente schématiquement un système mettant en oeuvre le procédé selon l'invention ;

Les figures 2 à 4 illustrent le séquençement de différents écrans affichés sur le terminal du système ;

La figure 1 représente un système embarqué à bord d'un aérodyne comprenant un réseau local 1 auquel sont connectés :

- un calculateur 2 connecté à une mémoire de masse 3 dans laquelle sont stockées, par exemple sous la forme d'une base de données, l'ensemble des informations que l'on trouve normalement sous la forme d'imprimés dans le poste de pilotage d'un aérodyne,
- au moins un terminal de communication homme / machine 4 adapté à une utilisation dans le poste de pilotage d'un aérodyne où l'espace disponible est relativement réduit, et
- éventuellement une imprimante offrant au pilote la possibilité d'imprimer la page visualisée sur l'écran de visualisation du terminal 4.

Le calculateur 2 est en outre connecté par l'intermédiaire des bus avion 5 aux autres équipements électroniques installés à bord de l'aérodyne, tels que notamment :

- un radar météorologique 9 fournissant périodiquement des informations permettant de reconstituer le contour de zones météorologiques associées à un niveau de danger,
- un dispositif assurant la conduite automatique du

- vol (FMS) 14 selon un plan de vol détaillé préétabli,
- un dispositif de transmission radio de données numériques 15, par exemple data-link, et
- des instruments de navigation 16.

Les informations stockées dans la mémoire de masse 3 concernent par exemple :

- les manuels de vol,
- les cartes de navigation relatives aux zones survolées, les routes aériennes,
- la documentation concernant chaque aéroport de la zone survolée, incluant notamment les procédures de décollage et d'atterrissage, les procédures d'approche et celles d'arrivée,
- les manuels d'opérations, de description de l'équipement et de maintenance de l'aérodyne, ...

La mémoire de masse mémorise également une base de règles qui associe chaque événement nécessitant une modification du plan de vol à une ou plusieurs actions correctives à appliquer au plan de vol courant.

Les actions correctives éventuelles sont déterminées par la connaissance de l'événement et du contexte courant dans lequel se trouve l'aérodyne. L'événement est interprété dans le cadre d'une surveillance du contexte.

Le terminal 4 comprend un écran de visualisation 11 rectangulaire en mode paysage et un organe de commande comprenant des touches 12 réparties tout autour de l'écran 11, les touches à gauche de l'écran étant reconfigurables en fonction de la page affichée à l'écran, et donnant accès aux fonctions de base du système, les touches inférieures permettant la gestion de l'affichage, les touches de droite permettant l'affichage, en surimpression sur la carte de navigation de la zone survolée, des données utiles à la navigation (aéroports, balises, ...), et les touches supérieures donnant accès aux fonctions de base déclenchées précédemment.

Les touches supérieures sont avantageusement constituées par un bandeau 13 comportant un afficheur sur lequel vient se superposer une surface sensible transparente permettant de détecter la position du doigt de l'opérateur. L'afficheur permet d'indiquer les libellés des touches reconfigurables correspondant aux pages appelantes dans l'ordre d'appel, ces touches permettant ainsi de revenir rapidement sur ces dernières.

L'organe de commande peut également comprendre une surface tactile transparente disposée sur l'écran 11.

La figure 2 représente le séquençement de différentes pages affichées à l'écran 11 au cours du dialogue qui se déroule à la suite de l'activation de la fonction de déroutement qui effectue la détermination de nouveaux plans de vol vers des aéroports de déroutement, lorsque celui qui a été prévu initialement n'est plus accessible par l'aérodyne.

Une telle situation se produit lors de l'arrivée des

événements suivants, répertoriés dans la base de règles stockée dans la mémoire de masse 3 :

- les conditions météorologiques de la zone où se trouve l'aéroport de destination sont trop mauvaises pour permettre un atterrissage dans des conditions de sécurité suffisantes,
- l'aéroport de destination est saturé ou fermé,
- l'infrastructure de l'aéroport de destination n'est plus adéquate (rupture d'approvisionnement, réparation impossible, ...), alors qu'une procédure de maintenance ou de réparation est nécessaire,
- le contrôle aérien dans la zone de l'aéroport de destination est hors service ou saturé,
- une panne grave ou affectant l'autonomie de l'aérodrome a été détectée, et
- un problème concernant les passagers est apparu (piraterie, urgence médicale, alerte à la bombe, ...).

Ces événements sont introduits dans le système par l'intermédiaire soit de la liaison data-link 15 avec le sol pour les problèmes concernant l'aéroport de destination, le contrôle aérien ou encore la météorologie, soit du radar météorologique 9 pour les problèmes météorologiques, soit du FMS ou des autres équipements électroniques de l'aérodrome pour les pannes. Tous ces événements peuvent également être introduits dans le système par le pilote qui peut en être informé directement, notamment en cas de problèmes concernant les passagers, ou par une transmission radio vocale.

Lorsque le système est activé, l'écran 21 montré sur la figure 2 apparaît sur le terminal 4. Cet écran comprend deux fenêtres, à savoir une fenêtre graphique 27 située dans la partie gauche de l'écran, dans laquelle est affichée l'image de la carte de navigation de la zone survolée par l'aérodrome, et une fenêtre textuelle 28 située dans la partie droite de l'écran 11.

La fenêtre textuelle 28 fournit un certain nombre de paramètres concernant le plan de vol suivi par l'aérodrome, ainsi que le plan de vol de déviation prévu initialement pour le cas où l'aéroport de destination ne serait pas accessible. Ces paramètres concernent par exemple, la distance restant à parcourir, le temps, le volume de carburant restant à la destination, ...

Cette fenêtre comprend également une partie réservée à l'affichage des messages du système, indiquant par exemple l'arrivée d'un événement inattendu.

Dans la fenêtre graphique 27, sont également affichées en surimpression sur l'image de la carte de navigation donnant les contours géographiques de la zone survolée :

- un symbole graphique 20 représentant l'aérodrome, indiquant la position courante de l'aérodrome relativement à la portion de carte affichée, cette position étant fournie au calculateur 2 par les instruments de radionavigation 16,

- le plan de vol suivi par l'aérodrome indiqué par une ligne 19 formée d'une succession de segments de droite, et

- 5 - la position des aéroports, et éventuellement leur nom si l'échelle de représentation de la carte le permet.

En outre, à l'aide de commandes appropriées, le pilote peut demander l'affichage en surimpression sur la carte de symboles représentant certains objets utiles pour la navigation aérienne, comme par exemple les balises de radionavigation, les aéroports, les routes aériennes, les zones et fréquences de contrôle, les zones à accès restreint avec leurs périodes d'accès, ou encore les cartes météo.

Si à partir de l'écran 21, le pilote appuie sur la touche DIV de détermination d'un plan de vol vers un aéroport de déroutement, l'écran 24 est affiché et le pilote est invité à définir la cause du déroutement si celle-ci n'est pas connue du calculateur 2, ainsi que les critères de sélection du nouveau plan de vol. Cet écran 24 est également affiché lorsque le calculateur a reçu, par l'intermédiaire des bus avion 5, un message relatif à un événement nécessitant un déroutement, le message étant alors affiché dans la zone de message de la fenêtre textuelle 28 de l'écran 24.

La fenêtre graphique montre, en plus des objets affichés sur l'écran 21, les limites de la zone de recherche d'un aéroport de déroutement. Cette zone est par exemple circulaire et centrée par défaut sur l'aéroport de destination si le déroutement n'est pas urgent, - il est alors standard - et dans le cas contraire, (voir plus loin la description de la touche EMERGENCY DIV) sur le prochain point de passage (Way Point) du plan de vol actif ou sur la position courante de l'aérodrome. Bien entendu, le centre de cette zone et son rayon peuvent être modifiés. En particulier, le rayon de cette zone peut croître jusqu'à trouver un minimum de solutions (aéroports accessibles), sauf si cette extension se révèle impossible à réaliser par l'aérodrome compte tenu de son autonomie en carburant et de son profil de vol.

Le calculateur 2 détermine alors les différents plans de vol solutions (un plan de vol solution comporte de préférence des segments de routes aériennes avec un niveau de vol et une vitesse optimale) en appliquant au plan de vol courant les actions correctives associées à l'événement perturbateur qui s'est produit, fournies par la base de règles. Dans le cas présent, l'action corrective consiste en un déroutement vers un autre aéroport. Le calculateur procède donc à l'élaboration des différents plans de vol menant à chaque aéroport situé dans la zone de recherche, compte tenu des critères de sélection et d'optimisation indiqués dans la partie textuelle 28 de l'écran.

Dans le cas de causes multiples de modification du plan de vol, les actions correctives sont classées et traitées dans un ordre de priorité prédéterminé.

Outre les délimitations de la zone de recherche, les critères de sélection d'aéroport de déroutement, classés suivant un ordre prédéterminé en fonction de leur importance, sont les suivants :

- l'autonomie de carburant,
- la possibilité d'atterrir sur l'aéroport de déroutement compte tenu de son état de saturation, de l'état de ses pistes, et de la météorologie,
- la possibilité de redécoller (infrastructures, possibilité de réparer, ...),
- l'acheminement des passagers ou le traitement du fret.

Et les plans de vol pour rejoindre les différents aéroports sélectionnés sont élaborés par le calculateur 2 en tenant compte des critères d'optimisation.

Le calculateur 2 classe ensuite dans une liste les différentes solutions trouvées en fonction d'un ou plusieurs critères d'optimisation, tels que la consommation de carburant, ou la durée du vol.

Lorsque le calcul est terminé, un indicateur DIV 29 est affiché dans la partie droite du bandeau 13 montrant qu'au moins un plan de vol de déroutement répondant aux critères de sélection et d'optimisation a été calculé. Ces plans de vol solutions sont affichés sur la carte de navigation dans la fenêtre graphique, par exemple en traits interrompus à partir du point de sortie du plan de vol initialement prévu.

Les plans de vol solutions sont de préférence calculés en utilisant les segments de routes aériennes, en tenant compte des contraintes de ces segments (notamment les altitudes minimale et maximale, les sens uniques) et en tenant aussi compte des procédures d'arrivée et d'approche en vigueur pour les aéroports de déroutement sélectionnés. Les plans de vol de déroutement sont calculés de préférence avec une altitude optimale et une vitesse optimale dépendant des performances de l'avion, et des critères d'optimisation prédéterminés ou choisis.

Chacun de ces plans de vol solutions est associé à un point de décision correspondant au point limite du plan de vol initial où doit intervenir la décision du pilote d'activer ou non le nouveau plan de vol. Ce point de décision est associé à une alarme et le temps et la distance jusqu'à ce point sont affichés. La position de ce point est déterminée en fonction de paramètres par défaut prédéterminés, mais peut être modifiée par le pilote.

Bien entendu, le pilote peut modifier les critères de sélection et d'optimisation, en ajouter ou en supprimer, et déclencher un nouveau calcul.

La fenêtre textuelle 28 indique notamment le type et la cause du déroutement, (où le type du déroutement est par exemple standard ou urgent, et la cause correspond à l'événement déclenchant ce déroutement), le centre et le rayon de la zone de recherche, les critères d'optimisation, le nombre de solutions trouvées, et pour chaque solution, le nom de l'aéroport de déroutement,

le nom du point de sortie du plan de vol actif vers le nouveau plan de vol, et la valeur du critère d'optimisation.

Dans cet état, le pilote peut supprimer l'un des plans de vol solutions après l'avoir sélectionné.

Le pilote peut également demander des explications sur un plan de vol ou un aéroport en appuyant sur la touche EXPLAIN. Le pilote est alors invité à désigner au moyen d'un curseur déplaçable sur l'écran, un aéroport quelconque 30 ou un tronçon de plan de vol faisant partie des plans de vol de déroutement envisagés précédemment par le calculateur 2 (écran 25). Le calculateur affiche alors dans la zone de message 31 pourquoi l'objet désigné a ou n'a pas été sélectionné en tant que solution possible. Si l'objet désigné est un tronçon de plan de vol, le calculateur affiche pourquoi ce plan de vol est une solution possible au problème soulevé par l'événement perturbateur. Et si l'objet désigné est un aéroport celui-ci est soit un aéroport solution c'est à dire correspondant à l'aéroport d'atterrissage d'un plan de vol solution, soit un aéroport non retenu lors de l'opération d'élaboration des plans de vol solution ; et le calculateur affiche pourquoi l'aéroport désigné a ou n'a pas été sélectionné pour la détermination des solutions possibles.

En appuyant de nouveau sur la touche EXPLAIN, la fenêtre textuelle 28 fournit des informations selon un premier niveau de détail concernant l'objet désigné, et notamment les variables significatives qui ont motivé la sélection de l'objet désigné (plan de vol ou aéroport) du plan de vol en tant que solution ou non.

A partir de l'écran 25, le pilote peut demander des informations encore plus détaillées, selon un second niveau, en appuyant de nouveau sur la touche EXPLAIN. Le calculateur 2 affiche alors en plein écran, la page 26 qui permet d'accéder à toutes les informations disponibles concernant l'objet désigné par exemple à l'aide d'un menu sur cette page 26 dont la sélection d'un item donne accès en plein écran aux données textuelles souhaitées.

Les informations disponibles sont par exemple les informations sur les conditions d'atterrissage (état des pistes, prédictions et performances d'atterrissage, limitations opérationnelles, minima météorologiques et conditions météorologiques actuelles et prévisibles), les contraintes réglementaires (comme par exemple la catégorie d'approche autorisée, la masse de l'aérodrome à l'atterrissage, la distance d'atterrissage). Ces données affichées sont mises à jour automatiquement par liaison 15 data-link.

Le pilote peut aussi demander la page de comparaison des plans de vol qui ont été calculés et sélectionnés précédemment en tant que solution, en appuyant sur la touche COMPARE FPLN. Cette touche permet d'afficher en plein écran, un tableau comparatif 32 du plan de vol actif suivi par l'aérodrome avec les plans de vol solutions qui sont avantageusement classés dans un ordre correspondant au critère d'optimisation prédé-

terminé ou choisi. Ce tableau indique pour chaque plan de vol, la liste des points de passage et les prédictions associées, c'est-à-dire le niveau de vol et la vitesse de survol, les données concernant le point de sortie du plan de vol initial (le nom du point de sortie, sa distance par rapport à la position courante de l'aérodrome et le temps pour atteindre ce point), ainsi que le volume de carburant restant estimé à destination, l'heure d'arrivée estimée et la distance de l'aéroport de destination, le retard dû au trafic, et des données concernant le vent, en particulier, le vent moyen sur la route et le vent maximal que l'avion peut supporter sans problème de carburant à l'arrivée.

A partir de cet écran 32, le pilote peut appuyer sur la touche EXPLAIN afin d'obtenir des informations plus détaillées, sur tel ou tel élément qu'il doit sélectionner dans le tableau comparatif.

Dans n'importe quel état, la touche EMERGENCY DIV est toujours activable, celle-ci permettant d'activer la recherche d'un aéroport de déroutement en cas d'urgence. Si le pilote appuie sur cette touche, l'écran 22 apparaît, et le calculateur 2 effectue la recherche d'un ou plusieurs aéroports de déroutement d'urgence, c'est-à-dire les plus proches possible de la position courante de l'aérodrome. La proximité est un critère supplémentaire de sélection. Une fois cette recherche terminée, le calculateur affiche sur la carte les plans de vol qu'il a déterminé, ainsi que des explications dans la fenêtre textuelle 28, sur le premier plan de vol solution sélectionné. Les plans de vol solutions répondent aux critères de sélection et d'optimisation en vigueur.

A partir des écrans 22, 24, 25, 26 et 32 le pilote peut, en appuyant sur la touche BASIC du bandeau 13, revenir à l'écran 23 qui correspond à l'écran initial, mais qui tient compte du fait qu'un calcul de déroutement a été effectué, la fenêtre graphique 27 montrant en plus le premier plan de vol de déroutement 32 de la liste des plans de vol solutions, tandis que la partie textuelle 28 donne les paramètres significatifs permettant de comparer le plan de vol actif avec le plan de vol de déroutement.

A partir de l'écran 23, le pilote a la possibilité de modifier un plan de vol en appuyant sur la touche FPLNS, ce qui déclenche un dialogue dont le séquençement est illustré sur la figure 3. L'activation de cette touche provoque l'affichage par le calculateur 2 de tous les plans de vol sélectionnés précédemment (écran 33). A partir de cet écran, le pilote peut sélectionner un plan de vol sur la fenêtre graphique, ce qui entraîne l'affichage de l'écran 34 donnant dans la fenêtre textuelle des informations permettant la comparaison entre le plan de vol actif et le plan de vol sélectionné. Le pilote peut également appuyer sur la touche MODIFY FPLN. Il est alors invité à sélectionner le plan de vol qu'il souhaite modifier, cette sélection entraînant l'affichage de l'écran 35.

La fenêtre graphique de l'écran 35 montre le plan de vol actif et le plan de vol sélectionné, tandis que la fenêtre textuelle donne les informations modifiables

concernant le plan de vol sélectionné pour modification. Ces informations sont par exemple le niveau de vol que le pilote peut modifier pour profiter d'un vent favorable.

A partir de l'écran 21, le pilote a aussi la possibilité, grâce à la touche AVOID/OPTIMIZE, de déclencher différentes fonctions d'évitement de zone et d'optimisation du plan de vol vertical (figure 4).

Cette touche permet d'accéder à l'écran 36, dans lequel certaines touches ont été reconfigurées de manière à permettre la sélection d'une de ces fonctions.

Si, à partir de l'écran 36, le pilote sélectionne la fonction d'évitement d'une zone météorologique (par la touche AVOID WEATHER), l'écran 37 est affiché, dans lequel la fenêtre graphique montre les zones météorologiques dont les contours ont été identifiés par le radar météorologique 9, ou bien transmis par la liaison data-link.

De même que l'écran 24 de détermination d'un plan de vol peut être affiché sur demande du pilote ou sur réception par le calculateur d'un événement correspondant, cet écran 37 affichable sur demande du pilote est également affiché lorsque le calculateur a reçu un message relatif à un événement nécessitant un évitement de zone météorologique.

La sélection d'une zone dans la fenêtre graphique provoque le lancement du calcul d'un plan de vol d'évitement vertical ou latéral selon le type de la zone météorologique sélectionnée, et l'affichage de l'écran 40 montrant dans la fenêtre graphique 27 les contours de la zone sélectionnée 42 par rapport à la position courante de l'aérodrome 20 et le plan de vol actif 19, ainsi que le plan de vol d'évitement 43 de la zone 42. La fenêtre textuelle 28 fournit le type (évitement latéral ou évitement vertical) et la cause (zone météorologique) de modification du plan de vol, le point et l'angle de sortie du plan de vol actif, la marge d'évitement, le point de retour au plan de vol actif, les paramètres de prédiction du plan de vol actif et du plan de vol d'évitement, ainsi que les paramètres modifiables du nouveau plan de vol.

A partir de l'écran 36, le pilote peut également, à l'aide de la touche AVOID AREA, activer la fonction d'évitement d'une zone à accès réglementé, ce qui permet d'afficher l'écran 38 montrant sur la carte affichée les contours des zones en question.

L'affichage de l'écran 38 peut également s'effectuer lorsque le calculateur a reçu un message relatif à un événement nécessitant un évitement d'une zone à accès réglementé.

La sélection par le pilote d'une zone permet de déclencher le calcul d'évitement de la zone par le calculateur 2, et d'afficher l'écran 41 montrant la position de l'aérodrome 20, le plan de vol actif 19, les contours de la zone sélectionnée 44, ainsi que le plan de vol d'évitement 45 qui vient d'être calculé. Comme pour l'écran 37, la fenêtre textuelle 28 donne les valeurs des paramètres modifiables du plan de vol d'évitement. Et dans le cas de l'écran 38 le type et la cause de modification du plan de vol sont respectivement un évitement latéral et une zone

fixe.

La zone à éviter peut également être dessinée par le pilote directement sur la carte affichée dans la fenêtre graphique 27.

A partir de l'écran 36, le pilote peut aussi activer la fonction d'optimisation du plan de vol vertical (à l'aide de la touche OPTIMIZE), ce qui provoque l'affichage de l'écran 39 donnant accès aux niveaux de vol modifiables du plan de vol dans la fenêtre textuelle 28. L'écran 39 peut également s'afficher sur réception par le calculateur d'un événement nécessitant l'optimisation du plan de vol vertical.

L'activation de la touche BASIC dans le bandeau 13 permet, à partir des écrans 36 à 41, de retourner à l'écran 21 si aucun plan de vol d'évitement ou plan de vol modifié n'a été validé, et à l'écran 21' dans le cas contraire. Cet écran 21' fournit, en plus des éléments affichés dans l'écran 21, le nouveau plan de vol 46 qui a été validé.

Il est à noter que la fonction EXPLAIN décrite précédemment est accessible à partir des écrans 21' et 36 à 41, pour fournir des explications sur toute information calculée par le calculateur 2 et sélectionnée à cet effet.

Après validation des modifications effectuées au niveau des écrans 35, 39, 40 et 41, le calculateur 2 calcule et met à jour les paramètres de prédiction affichés.

Par ailleurs, le calculateur 2 prend en compte les différentes informations qu'il reçoit des autres équipements 9, 14, 15, 16 de bord, pour mettre à jour :

- la position courante de l'aérodrome,
- les données concernant le déroulement du vol,
- les données météorologiques affichées,
- les paramètres concernant les plans de vol solutions calculés,
- et éventuellement la liste des solutions si certains plans de vol de la liste sont devenus non valides, ou si certains plans de vol non sélectionnés deviennent valides.

Lorsqu'un nouveau plan de vol a été validé par le pilote, une touche du terminal 4 permet de commander l'envoi de ce nouveau plan de vol par la liaison data-link 15 vers la station de contrôle aérien, et vers le système de contrôle du vol FMS 14 assurant le pilotage automatique de l'aérodrome.

## Revendications

1. Procédé d'assistance au pilotage d'un aérodrome mis en oeuvre par un système comprenant un processeur (2), au moins un terminal de communication homme/machine (4) comportant un écran de visualisation (11) et un organe de commande et de saisie (12), et des mémoires (3) où sont stockées notamment toutes les informations utiles à la conduite d'un vol, le système étant connecté aux autres

équipements électroniques (9, 14, 15, 16) embarqués à bord de l'aérodrome, caractérisé en ce que, pour déterminer un nouveau plan de vol pour répondre à une situation nouvelle engendrée par un événement perturbateur, il comprend les étapes suivantes :

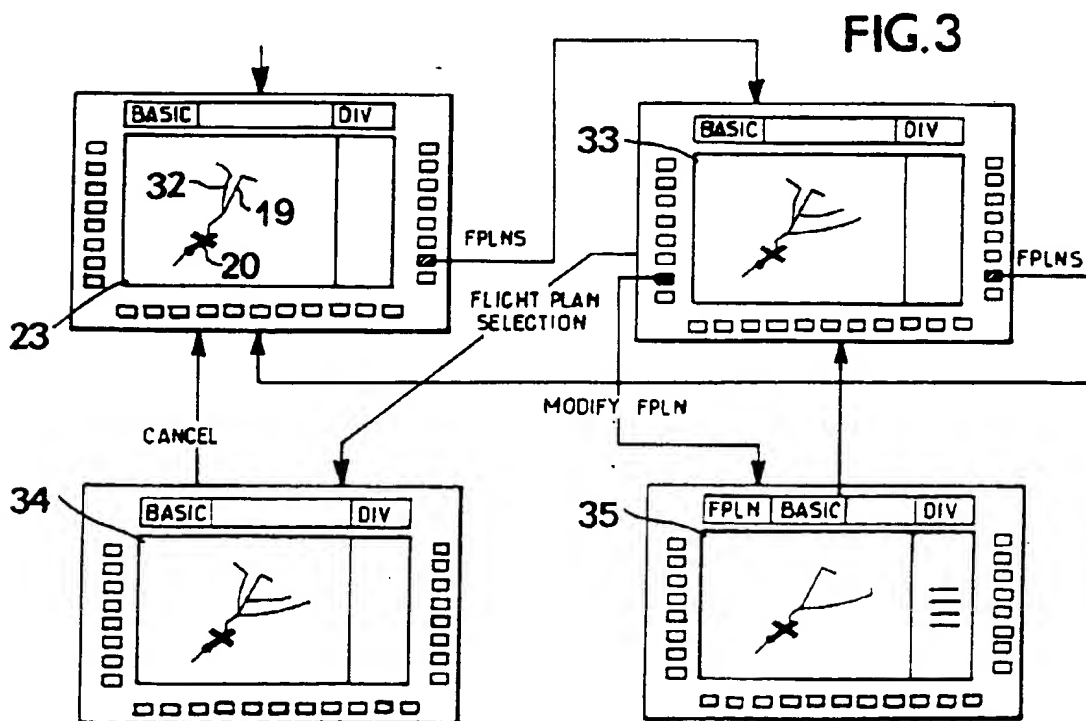
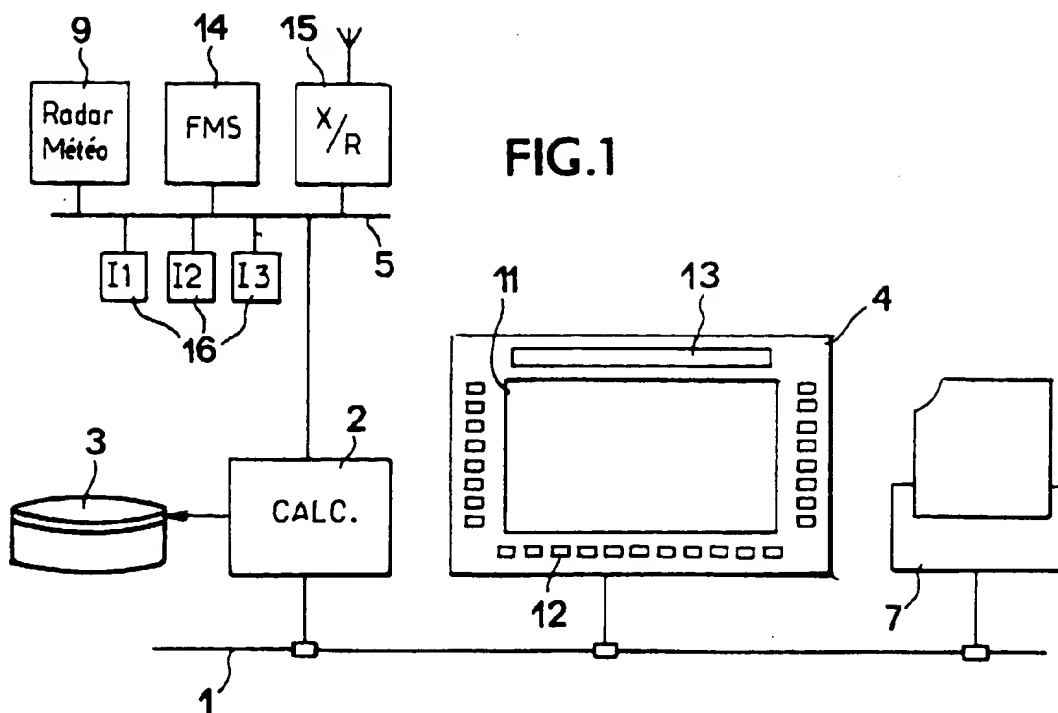
- la surveillance du contexte dans lequel se trouve l'aérodrome et l'interprétation de l'événement pour déterminer les éventuelles actions correctives à entreprendre,
- l'analyse des possibilités de reconfiguration du plan de vol, qui correspondent aux actions correctives déterminées à l'étape précédente, en fonction d'un ensemble de critères prédéterminés et modifiables par le pilote,
- l'élaboration des plans de vol solutions qui satisfont aux critères prédéterminés, et
- la présentation au pilote de ces plans de vol solutions, en association avec les paramètres significatifs qui ont motivé leur élaboration.

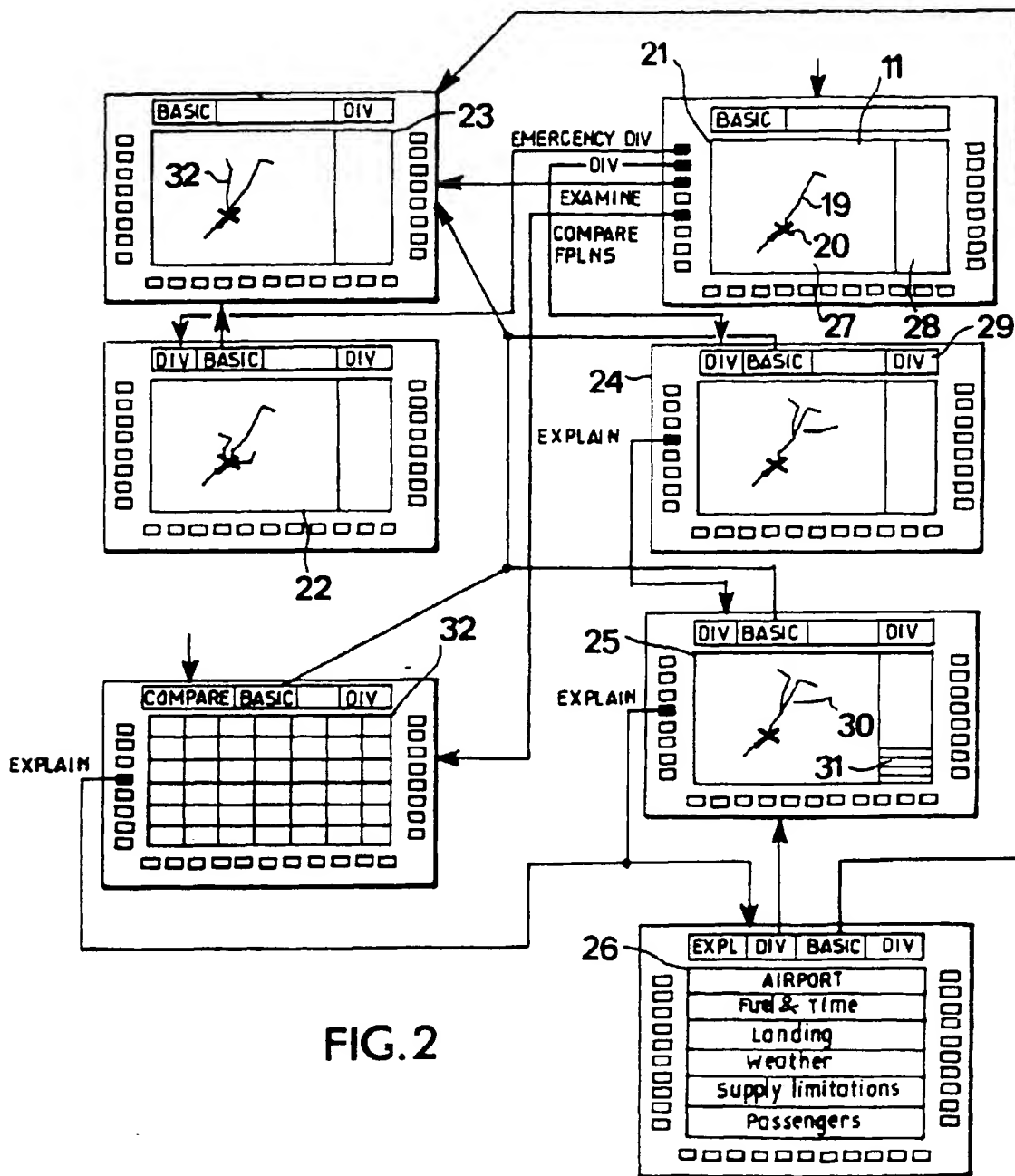
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les étapes suivantes sont effectuées :

- réception par le processeur (2) d'une information signalant l'événement perturbateur,
- détermination par le processeur (2) d'une action corrective,
- affichage sur l'écran de visualisation (11) de l'action corrective à entreprendre,
- calcul par le processeur (2) des plans de vol solution correspondant à l'action corrective et répondant à un ensemble de critères prédéterminés et modifiables par le pilote, le calcul étant effectué à partir d'une base de données de navigation contenue dans les mémoires (3) et des données fournies par les équipements embarqués,
- affichage sur l'écran de visualisation (11) d'une carte de navigation,
- affichage sur la carte de navigation des plans de vol solution en association avec les critères qui ont motivé leur sélection en tant que solution,
- affichage sur demande d'informations détaillées d'un plan de vol désigné par le pilote parmi les plans de vol solution affichés sur la carte de navigation de l'écran (11).

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les actions correctives consistent en un déroutement (changement de l'aéroport de destination), associé à une modification du plan de vol latéral, et une éventuelle modification du profil de vol vertical, l'événement correspondant à la détection d'un phénomène météorologique dangereux, ou d'une panne grave de l'aérodynamique, ou encore d'un problème au niveau de l'aéroport de destination, du contrôle aérien, ou des passagers de l'aérodynamique. 5
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'affichage selon un premier niveau de détail des paramètres significatifs qui ont déterminé la sélection ou non en tant que solution d'un plan de vol, ou d'un aéroport, désigné préalablement par le pilote sur la présentation des plans de vol solutions. 10
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'affichage selon un second niveau de détail de toutes les informations concernant un aéroport, désigné préalablement par le pilote. 15
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la présentation selon un second niveau de toutes les données prises en compte par le système pour la détermination des plans vol solutions. 20
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend la mise à jour en temps réel des plans de vol solutions en fonction des informations fournies par les équipements de bord ou provenant du sol. 25
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque plan de vol solution d'un détournement est calculé en utilisant les segments de routes aériennes et en tenant compte des procédures d'approche et d'arrivée sur l'aéroport de détournement correspondant. 30
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, la présentation au pilote du point de décision correspondant au point limite du plan de vol actif pour activer le nouveau plan de vol, ainsi que du temps et de la distance jusqu'à ce point. 35
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en cas d'événements perturbateurs multiples, les actions correctives correspondantes sont déterminées et traitées par ordre de priorité. 40
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'analyse des plans de vol de déroutement est limitée aux aéroports de déroutement qui se trouvent dans une zone de recherche prédéfinie dont la position et l'étendue sont modifiables par le pilote. 45
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la position et l'étendue de la zone de recherche prédéfinie dépendent des actions correctives. 50
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend le classement des plans de vol solutions en fonction d'au moins un critère d'optimisation. 55
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend l'affichage d'un tableau comparatif (32) comprenant les valeurs de paramètres significatifs du plan de vol actif et des plans de vol solutions.
15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend la prise en compte par l'organe de commande de modifications des paramètres d'un plan de vol solution, lesquelles modifications sont introduites par le pilote.
16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend la prise en compte par le l'organe de commande de suppression d'un des plans de vol des solutions, laquelle suppression est introduite par le pilote.
17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend l'envoi par le système d'un plan de vol solution validé par le pilote à un dispositif de pilotage automatique (14) pour qu'il soit suivi par ce dernier.







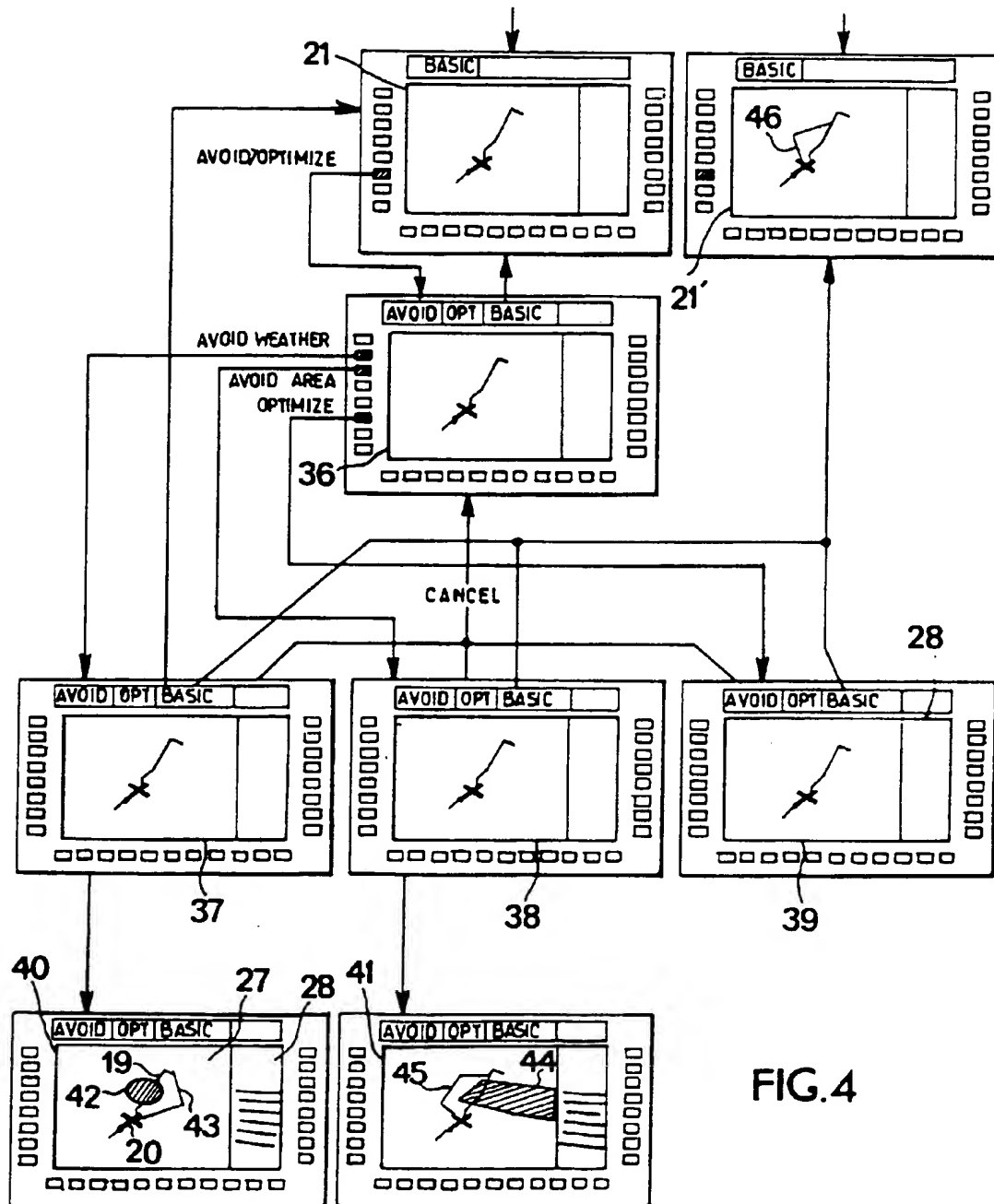


FIG.4



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 40 1989

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                          | Revendication concernée   | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)       |
| X   | US 5 398 186 A (NAKHLA NADER N I) 14 mars 1995<br>* colonne 3, ligne 32 - colonne 7, ligne 42: figures * | 1   | G01C23/00                                 |
| A   | FR 2 677 149 A (SEXTANT AVIONIQUE) 4 décembre 1992<br>* abrégé *   | 1   |   |
| A   | FR 2 694 106 A (SEXTANT AVIONIQUE) 28 janvier 1994<br>* abrégé *   | 1   |   |
| A   | FR 2 694 104 A (SEXTANT AVIONIQUE) 28 janvier 1994<br>* abrégé *   | 1   |   |
|   |  |   | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
|   |  |   | G01C<br>G08G<br>G05D                      |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |  |   |   |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE   |  | Date d'achèvement de la recherche<br>14 novembre 1997   | Examineur<br>Hoekstra, F                  |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |   |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  |   |   |

EP FORM 1503 03 89 (P4) Q21